

**Tipo de Publicação:** Artigo de Investigação

**Título:** Análise longitudinal da performance em natação pura desportiva – abordagem exploratória

**Autores:** Mário Jorge Costa <sup>1,4</sup>, José Augusto Bragada <sup>2,4</sup>, Daniel Almeida Marinho <sup>3,4</sup>, Victor Machado Reis <sup>1,4</sup>, António José Silva <sup>1,4</sup>, Tiago Manuel Barbosa <sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

<sup>2</sup> Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal

<sup>3</sup> Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal

<sup>4</sup> Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano, Vila Real, Portugal

**Contacto do Autor:**

Mário Costa

Rua Joaquim Maia Igreja

Nº 160

Touguinha

4480-536 Vila do Conde

Portugal

Telefone: 252642951

E-mail: mariojoc@hotmail.com

## **Resumo**

O estudo objectivou analisar a estabilidade da performance na prova de 400m Livres ao longo da carreira desportiva. Foram analisados 45 nadadores masculinos, durante sete épocas consecutivas (desde Infantil B até Sénior). A performance foi obtida com recurso ao melhor tempo em cada categoria na prova de 400m Livres em piscina curta. Longitudinalmente analisou-se: i) estabilidade das médias, pela observação dos quartis, tendência central e respectiva dispersão ( $\pm 1$  DP), e através a variação entre valores médios com recurso à ANOVA medidas repetidas e respectivo post-hoc teste (Bonferroni); e ii) estabilidade normativa, determinada pela auto-correlação de Pearson e pelo cálculo do Kappa de Cohen (K). Observou-se uma tendência para melhoria da performance ao longo das diversas categorias analisadas. Foram encontradas diferenças significativas entre todos os valores médios de performance [ $F(1,45) = 417,209$ ;  $p < 0,01$ ]. Os valores de auto-correlação variaram entre o moderado e o elevado ao longo da carreira desportiva. O valor de K foi baixo ( $K = 0,327 \pm 0,046$ ). A predição do nível competitivo em sénior com base na performance nas categorias de formação é reduzido. Todavia, a transição de Juvenil B para A parece ser um momento marcante, onde a capacidade preditiva aumenta de forma acentuada.

Palavras Chave: natação, performance, longitudinal, estabilidade, tracking

## **Abstract**

The aim was to analyze the stability of 400-m freestyle performance throughout swimmers career. Forty five Portuguese male swimmers were analyzed for seven consecutive seasons between 12 and 18 years old. Swimming performance was collected using best personal time in 400-m Freestyle event in each season, on a short course pool. Longitudinal assessment was made using two approaches: (i) mean stability, by computing quartiles, means plus standard deviations for each season, and by analyzing the data variation with ANOVA repeated measures followed by a post-hoc test (Bonferroni); and (ii) normative stability, analyzing the self-correlation values (Pearson) between the performances throughout the seven seasons and computing the Cohen's Kappa index (K). There was a trend for a performance improvement throughout the swimmer's career. Significant variations in the mean swimming performance were verified [ $F(1,45) = 417.209$ ;  $p < 0.01$ ]. Self-correlation values ranged between moderate and high throughout the swimmer's career. The K value, was low (K

=  $0.327 \pm 0.046$ ). The prediction of adult swimmer's performance level, based on children performance is moderate. However, the change from fourteen to fifteen years old can be a milestone were the ability to predict the swimmer's performance level in the 400-m freestyle event increases strongly.

Keywords: swimming, performance, longitudinal, stability, tracking

## **Introdução**

A natação pura desportiva é uma modalidade cíclica onde o alcançar da máxima performance é o derradeiro objectivo. A performance em natação é determinada pelo tempo dispendido para percorrer determinada distância. A tentativa de identificação dos factores mais preditivos do rendimento desportivo dos nadadores tem sido uma realidade. Vários estudos têm demonstrado uma forte associação entre diversos factores responsáveis pela performance em natação (p.e., Barbosa *et al.*, 2009). No entanto, são poucos os que se preocupam exclusivamente com a performance e tentam compreender o seu comportamento entre e durante competições (p.e., Stewart & Hopkins, 2000; Pyne *et al.*, 2004).

Actualmente o número de pesquisas de âmbito longitudinal em natação pura é muito reduzido. Mais ainda, a sua maioria centra-se em questões fisiológicas e biomecânicas e menos na performance (p.e., Donato *et al.*, 2003; Huot-Marchand *et al.*, 2005; Latt *et al.*, 2009). Contudo a abordagem longitudinal parece mais avançada em outras áreas do conhecimento como é o caso da saúde (p.e., Foley *et al.*, in press) e da actividade física (p.e., Maia *et al.*, 2001).

As avaliações longitudinais podem ser desenvolvidas através de duas abordagens: (i) pela análise da estabilidade das médias, isto é, comparando os valores médios dos sujeitos da amostra ou analisando a variação desses mesmos valores em cada instante de avaliação ou; (ii) pela análise da estabilidade normativa ou da co-variância, ou seja, da avaliação do *tracking*, que consiste no estudo das características ou recursos mensuráveis, em função do tempo, analisando a tendência de um sujeito, ou grupo de sujeitos, em permanecer num canal (denominado "*track*") de prestação, e reflectir estabilidade dentro desse padrão (Maia *et al.*, 2002). No que diz respeito à natação pura desportiva, a avaliação longitudinal pode ser efectuada pela análise da estabilidade da performance durante ou entre competições. As vantagens que advém deste processo possibilitam: i) descrever e estimar a progressão da performance durante e entre épocas

desportivas; ii) descrever e estimar a variabilidade da performance durante e entre épocas desportivas; e iii) encontrar hipotéticos pontos cronológicos mais ou menos determinantes para prever a performance do nadador ao longo da época desportiva ou da sua carreira. Até ao momento parece não existir qualquer estudo com o intuito de analisar as questões de mudança e estabilidade na performance de nadadores com base na metodologia do tracking. Um dos poucos estudos sobre o tema, descreve que sensivelmente metade dos nadadores de 18 anos no top 100 do ranking dos EUA nunca estiveram nesse mesmo top em idades mais novas, como seja antes dos 10-12 anos (Sokolovas, 2006).

Assim sendo, o nosso estudo teve como objectivo analisar a estabilidade da performance na prova de 400-m livres ao longo da carreira desportiva dos nadadores.

## **Metodologia**

### **Amostra**

Foram analisados 45 nadadores portugueses do sexo masculino, durante sete épocas consecutivas (desde a categoria de Infantil B até ao primeiro ano de Sénior). Foi recolhido um número total de 315 performances. Na categoria de Sénior 8 nadadores eram de nível internacional, 29 de nível nacional e 8 de nível regional.

### **Recolha dos dados**

A performance foi analisada com recurso ao melhor tempo em cada categoria na prova de 400-m Livres, em piscina curta, em competição oficial de âmbito regional, nacional ou internacional. Os tempos foram obtidos a partir da consulta em tabelas de rankings disponibilizados pela Federação Portuguesa de Natação, ou quando apropriado numa base de dados de natação ([www.swimrankings.net](http://www.swimrankings.net), Março de 2009).

### **Procedimentos Estatísticos**

Foi realizada uma análise exploratória dos dados para detectar possíveis erros de entrada das informações, a presença de *outliers* e para verificar a normalidade das distribuições (teste Shapiro-Wilk).

Foi efectuada a análise da estabilidade das médias, assim como uma análise da estabilidade normativa. Para análise da estabilidade das médias observaram-se os *quartis* ao longo das sete categorias, assim como as medidas de tendência central

(média) e respectiva dispersão (um desvio-padrão). Foi ainda analisada a variação entre valores médios com recurso à ANOVA medidas repetidas e respectivo *post-hoc* teste (teste de Bonferroni). Para análise da estabilidade normativa recorreu-se à auto-correlação ( $r$ ) entre as sete categorias (auro-correlação de Pearson). Quantitativamente os valores de  $r$  foram interpretados segundo Malina (2001): (i) elevada se  $r \geq 0,60$ ; (ii) moderada se  $0,30 \leq r < 0,60$ ; (iii) reduzida se  $r < 0,30$ . Foi ainda calculado o *Kappa* de Cohen ( $K$ ) com um intervalo de confiança de 95%. Baseado nas sugestões de Landis e Koch (1977), considerou-se a seguinte interpretação para os valores de  $K$ : (i) estabilidade excelente se  $K \geq 0,75$ ; (ii) estabilidade moderada se  $0,40 \leq K < 0,75$ ; (iii) estabilidade baixa se  $K < 0,40$ .

Para todos os procedimentos estatísticos foi utilizado um programa estatístico (SPSS, v. 13.0, Apache Software Foundation, Chicago, IL, EUA) à exceção do  $K$ , o qual foi calculado através de um outro programa estatístico *Longitudinal Data Analysis*, (versão 3.2, Dallas, EUA). O nível de significância foi definido como  $p < 0,05$ .

## Resultados

As Fig. 1, 2 e 3 apresentam a análise da estabilidade das médias ao longo da carreira desportiva dos nadadores. A ANOVA de medidas repetidas confirmou a existência de variações significativas da performance ao longo da carreira desportiva [ $F(1,45) = 417,209$ ;  $p < 0,01$ ]. Com recurso ao *post hoc* teste constatou-se que as diferenças foram significativas entre as sete categorias em análise ( $p < 0,01$ ). Desde a categoria de Infantil B até Sénior os valores médios de performance na prova de 400-m Livres variaram entre 300,53 s e 247,10 s. Existiu assim uma tendência para a melhoria da performance (decréscimo do tempo aos 400-m Livres) com um aumento da idade.

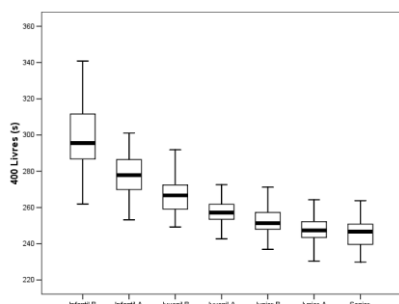


Fig I. Diagrama de extremos e quartis da performance.

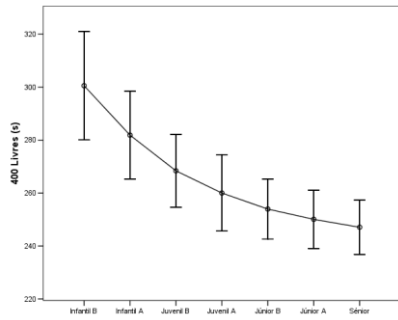


Fig II. Comportamento dos valores médios ( $\pm 1$  desvio-padrão) da performance em função da categoria estudada.

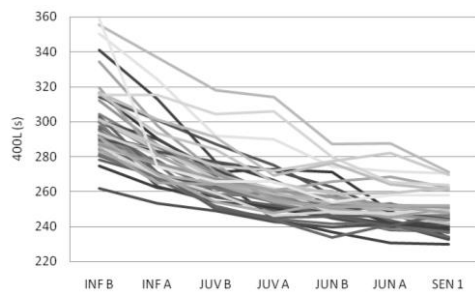


Fig III. “*Spargheti plot*” das trajetórias de performance intra-individual e diferenças inter-individuais em cada categoria estudada.

A tabela 1 representa a estabilidade da performance baseada nos valores de  $K$ . O valor de  $K$  expressando a estabilidade ao longo de toda a carreira dos nadadores foi baixo ( $K = 0,327 \pm 0,046$ ). Assim sendo, com base na totalidade dos valores de  $K$ , a estabilidade e a predição do nível competitivo dos nadadores é reduzida.

Tabela I. Valores de  $K$  e respectivos limites para um intervalo de confiança (IC) de 95%.

Valor de $K$	desvio-padrão	IC 95%
0,327	+/- 0,046	0,281; 0,373

A tabela 2 apresenta os valores de auto-correlação ao longo da carreira desportiva. As auto-correlações variam entre o moderado ( $0,30 \leq r < 0,60$ ) e o elevado ( $r \geq 0,60$ ). Do ponto de vista global, a maioria dos valores de  $r$  traduziram uma estabilidade elevada ( $r \geq 0,60$ ). Neste sentido parece existir uma elevada estabilidade e predição da performance aquando a utilização de pontos cronológicos menos distantes entre si. Constata-se ainda que a partir da categoria de Juvenil A, a estabilidade passa de moderada a elevada tomando como referência a categoria de sénior ( $r = 0,612$ ). Assim

durante as primeiras categorias representativas da carreira desportiva dos nadadores, existe um baixo nível de predição da performance tomando como base a categoria de sénior.

**Tabela 2.** Valores de auto-correlação (Pearson) entre a performance ao longo das sete categorias

Categoria	Inf B	Inf A	Juv B	Juv A	Jún B	Jún A	Sén
Inf B	1						
Inf A	0,782*	1					
Juv B	0,640*	0,899*	1				
Juv A	0,653*	0,829*	0,909*	1			
Jún B	0,538*	0,693*	0,796*	0,874*	1		
Jún A	0,548*	0,572*	0,671*	0,751*	0,858*	1	
Sén	0,528*	0,482*	0,563*	0,612*	0,723*	0,879*	1

\*  $p < 0,05$

### Discussão

O objectivo deste estudo centrou-se em analisar a estabilidade da performance na prova de 400-m livres ao longo da carreira desportiva dos nadadores. Observou-se uma tendência para a melhoria da performance (decréscimo do tempo aos 400-m Livres) com um aumento da idade. Parece existir uma elevada estabilidade e predição da performance aquando a utilização de pontos cronológicos menos distantes entre si iniciando-se na transição de Juvenil B para Juvenil A. A predição do nível competitivo de nadadores na categoria de sénior com base na performance nas categorias de formação é reduzida.

As avaliações longitudinais podem ser desenvolvidas através de duas abordagens: (i) pela análise da estabilidade das médias e; (ii) pela análise da estabilidade normativa. A abordagem da estabilidade das médias baseia-se na perspectiva universalista da análise de dados, expressando as variações intra-individuais que são partilhadas pela maioria dos sujeitos da amostra. Este tipo de abordagem refere-se à persistência da magnitude da mudança ao longo do tempo num traço ou característica, sendo normalmente calculada pela ANOVA ou MANOVA de medidas repetidas. A estabilidade normativa baseia-se na perspectiva individualista da análise de dados tendo como foco a estabilidade das diferenças inter-individuais nas mudanças intra-individuais. Ao assumir invariância estrutural, esta abordagem demonstra a manutenção da posição relativa de um individuo dentro de um grupo avaliado longitudinalmente. O procedimento mais

comum representativo da estabilidade normativa é a auto-correlação entre os diferentes pontos no tempo.

A maioria dos estudos longitudinais nas outras áreas do conhecimento utilizou como método preferencial a auto-correlação (p.e., Pate *et al.*, 1999). Para Maia *et al.*, (2007) as estatísticas referentes ao coeficiente de correlação apresentam-se como uma forma muito simplista de estudar a ideia de estabilidade ou *tracking* apesar da sua facilidade de execução e aplicabilidade. Assim sendo optamos pela utilização de um outro procedimento estatístico mais esclarecedor como é o caso do Kappa de Cohen. O Kappa de Cohen é uma medida não-paramétrica de *tracking* que reflete o grau em que os perfis de crescimento de indivíduos tendem a permanecer dentro dos canais específicos da distribuição (Schneiderman *et al.*, 1990). Como tal, permite identificar mudanças intra-individuais e inter-individuais durante o período de tempo analisado. Esta poderá ser uma razão pela qual diversos autores já utilizaram medidas de tracking como apoio à auto-correlação (e.g., Casey *et al.*, 1994; Maia *et al.*, 2001).

A ANOVA de medidas repetidas confirmou a existência de variações significativas da performance ao longo da carreira desportiva. O *post hoc* teste constatou que as diferenças foram significativas entre as sete categorias em análise ( $p < 0,01$ ). Verificou-se assim uma tendência para a melhoria da performance (decréscimo do tempo aos 400-m Livres) com um aumento da idade, que poderá estar associada a: i) modificações antropométricas (estatura e massa corporal); ii) aumento dos níveis de força; iii) treino constante.

A performance em natação é determinada por factores de diversa ordem: antropométricos, biomecânicos, fisiológicos, psicológicos, genéticos e ambientais. O entendimento das relações entre a morfologia humana e as questões hidrodinâmicas é uma ferramenta essencial para treinadores no sentido de potencializar a performance dos seus nadadores. Para Kjendlie *et al.*, (2004), durante o processo de crescimento desde a infância até ao estado adulto, esperam-se alterações ao nível do custo energético de nado. Mudanças nas características antropométricas, mais precisamente nas dimensões e massa corporal são apontadas como causas para um aumento desse custo energético (Chatard *et al.*, 1985). Mais ainda, Benjanuvatra *et al.*, (2001) observaram que o arrasto passivo quando analisado a velocidades de nado superiores a  $1,9 \text{ m}^{-1}$  é influenciado pela morfologia do corpo do nadador. Nesse mesmo estudo, o arrasto apresentou-se superior nos atletas com maiores dimensões corporais visíveis nas idades



mais avançadas, contudo a velocidades inferiores a  $1,6 \text{ m}^{-1}$  não se verificam diferenças significativas entre as diferentes faixas etárias. Para tal, especula-se que associadas ao crescimento das características antropométricas durante os diversos estágios maturacionais estejam outras componentes, que determinem o nível competitivo dos nadadores.

A performance em natação é determinada pela capacidade do nadador gerar força propulsiva e minimizar o arrasto (Zamparo *et al.*, 2006). Constata-se que o desenvolvimento hormonal que ocorre durante o crescimento e maturação tem um papel determinante no aumento do tamanho do músculo e na produção de força (Matos & Winsley., 2007). Tolfrey (2007) sugere que, embora a hipertrofia muscular possa ocorrer durante a maturação, outros factores poderão ser responsáveis pelos aumentos em força no início da puberdade. Embora a influência hormonal sobre tecido muscular é importante no desenvolvimento da força muscular, as interacções neuromusculares são essenciais para o desenvolvimento funcional do tecido muscular (Kraemer *et al.*, 1989). Estas alterações nos níveis de força quando bem estruturadas e orientadas permitem uma melhoria constante da performance (p.e. MacArdle *et al.*, 2000).

Outro factor que poderá explicar esta melhoria na performance ao longo da carreira é o treino. O treino constante contribui para o aperfeiçoamento da habilidade técnica do nadador, permitindo este despendar menos energia para percorrer uma dada distância (Zamparo *et al.*, 2006). Num estudo sobre o tema, Mujika *et al.*, (2002) constataram aumentos consideráveis na performance (2,57% para os nadadores e 1,78% para as nadadoras) após três semanas de treino, objectivando a preparação para os Jogos Olímpicos de Sydney 2000.

No entanto esta melhoria na performance ao longo da carreira desportiva, revela um “efeito de travagem” à medida que os nadadores se aproximam da última categoria. Este facto poderá estar associado com: (i) o atingir de um patamar de rendimento maximal, o qual se configura como sendo de mais difícil superação devido à carga externa de treino já assimilada; (ii) uma diminuição da capacidade fisiológica funcional do nadador ao longo do tempo ou; (iii) uma ligeira estagnação ou desaceleração na evolução de determinado(s) pressuposto(s) do rendimento como possam ser as características antropométricas.

O valor de K com um intervalo de confiança de 95%, expressando a estabilidade ao longo de toda a carreira dos nadadores foi baixo ( $K = 0,327 \pm 0,046$ ). Neste estudo pretendemos verificar se os nadadores se mantinham no mesmo nível competitivo ao longo da sua carreira desportiva. Com base numa carreira tão longa será manifestamente difícil que a estabilidade da performance seja elevada. Diversos episódios poderão estar associados com esta pouca estabilidade ao longo da carreira desportiva, tal como lesões agudas ou crónicas que afectam o atleta por determinado período de tempo, ou ainda a “intermitência” da carreira em determinados períodos, muitos deles associados à vida escolar/académica. Provavelmente quanto maior o intervalo de tempo considerado para o estudo, mais baixa será a estabilidade e a capacidade de predição da performance. Sokolovas, (2006) reporta que metade dos nadadores de 18 anos no top 100 do ranking dos EUA nunca estiveram nesse mesmo top em idades mais novas, como seja antes dos 10-12 anos.

Do ponto de vista global, a maioria dos valores de r traduziram uma estabilidade elevada ( $r \geq 0,60$ ). Neste sentido parece existir uma elevada estabilidade e predição da performance aquando a utilização de pontos cronológicos menos distantes entre si. Assim sendo, apresenta-se como remota a possibilidade, quer de um nadador de elevado nível competitivo, quer de um nadador pouco competitivo nos escalões de formação, poderem vir a ser o melhor nadador no escalão de Sénior. Todavia, a passagem de Juvenil B para Juvenil A é um momento de transição onde a estabilidade passa de moderada a elevada. Ou seja, do ponto de vista da carreira desportiva, a categoria de Juvenil poderá ser entendida como um marco fundamental da afirmação desportiva de um nadador, visto apresentar-se como um momento onde o processo maturacional da adolescência permite uma maior disponibilidade para o aumento acentuado de cargas de treino tendo em vista a obtenção de performances mais ambiciosas. Mais ainda, assumindo o tempo de prática da modalidade, este poderá ser um período de consolidação dos valores e da cultura que envolve a modalidade e dos factores associados à performance.

Em síntese, verificou-se uma tendência para a melhoria da performance na prova de 400-m Livres com um aumento da idade. Parece existir uma elevada estabilidade e predição da performance aquando a utilização de pontos cronológicos menos distantes entre si iniciando-se na transição de Juvenil B para Juvenil A. A predição do nível

competitivo de nadadores na categoria de sénior com base na performance nas categorias de formação é reduzida.

### **Agradecimentos**

À Federação Portuguesa de Natação pela cedência dos tempos.

### **Referências**

1. Barbosa TM, Bragada JA, Reis VM, Marinho DA, Carvalho C, Silva AJ. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. doi:10.1016 J Sci Med Sports. 2009.
2. Benjanuvatra N, Blanksby B, Elliott B. Morphology and hydrodynamic resistance in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 2001, 13: 246-255.
3. Casey V, Dwyer J, Berkey C, Bailey S, Coleman K and Valadian I. The distribution of body fat from childhood to adulthood in a longitudinal study population. *Annals of Human Biology*; 1994, 21:1,39 — 55.
4. Chatard JC, Padilla S, Carzorla G, Lacour JR. Influence of body height, weight, hydrostatic lift and training on the energy cost of the front crawl. *N Z L Sports Med*, 1985; 13:82-84.
5. Donato A, Tench K, Glueck D, Seals D, Eskurza I, Tanaka H. Declines in physiological functional capacity with age: a longitudinal study in peak swimming performance. *J Appl Physiol*. 2003; 94: 764-769.
6. Foley S, Quinn S, Jones G. (In press). Tracking of bone mass from childhood to adolescence and factors that predict deviation from tracking. *Bone*.
7. Huot-Marchand F, Nesi X, Sidney M, Albery M, Pelayo P. Variations of stroking parameters associated with 200-m competitive performance improvement in top-standard front crawl swimmers. *Sports Biomech*. 2005; 4(1): 89-99.
8. Kjendlie PL, Ingjer F, Madsen O, Stallman RK, Stray-Gundersen J (2004). Differences in the energy cost between children and adults during front crawl swimming. *Eur J Appl Physiol*. 91: 473-480.
9. Kraemer W, Fry A, Frykman P, Conroy B and Hoffman J. Resistance training in youth. *Pediatric Exercise Science*, 1989, 1:336-350.
10. Landis J, Koch G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977; 37: 439-446.

11. Latt E, Jurimae J, Haljaste K, Cicchella A, Purge P, Jurimae T. Physical development and swimming performance during biological maturation in young female swimmers. *Coll. Antropol.* 2009; 33, 1: 117-122.
12. Maia JA, Lefevre J, Claessens A, Renson R, Vanreusel B, Beunen G. Tracking of physical fitness during adolescence: a panel study in boys. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33(5): 765-71.
13. Maia JA, Lopes VP, Silva RG, Seabra A. A importância do tracking (estabilidade e previsão) em delineamentos longitudinais: um estudo aplicado à epidemiologia da actividade física e à performance desportivo-motora. *Rev Port de C Desporto*, (2002) nº4, Jan-Jul FCDEF-UP. 2002.
14. Maia JA, Garganta RM, Seabra A, Lopes VP, Silva S, Meira JrC. Explorando a noção e significado de *Tracking*. Um percurso didáctico para investigadores. 2007 [periódico on line] disponível em [www.psicologia.com.pt/artigos/textos/A0348.pdf](http://www.psicologia.com.pt/artigos/textos/A0348.pdf)
15. Malina RM. Adherence to physical activity from childhood to adulthood: a perspective from tracking studies. *Quest.* 2001; 53: 346-355.
16. Matos N, Winsley RL. Trainability of young athletes and overtraining. *J Sport Science*, 2007, 6: 353-367.
17. McArdle W, Katch F and Katch V. Training the anaerobic and aerobic energy systems. In: *Essentials of Exercise Physiology*. Ed: McArdle W, Katch F.,V. K. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2000, 368.
18. Mujika I, Padilla S, Pyne D. Swimming performance changes during the final 3 weeks of training leading to the Sydney 2000 Olympic Games. *Int J Sports Med.* 2002; 23(8): 582-7
19. Pate RR, Trost SG, Dowda M, Ott AE, Ward DS, Saunders R, et al. Tracking of physical activity, physical inactivity, and health-related physical fitness in rural youth. *Pediatric Exercise Science.* 1999 ;11: 364-376.
20. Pyne D, Trewin C, Hopkins W. Progression and variability of competitive performance of Olympic swimmers. *J Sports Sci.* 2004; 22(7): 613-20.
21. Schneiderman ED, Kowalski CJ, Ten Have TR. A GAUSS Program for computing an index of tracking from longitudinal observations. *Amer. J. Human Biol.* 1990; 2:475-490.
22. Sokolovas G. 2006. Analysis of USA swimming's all-time top 100 times. Vilas-Boas JP, Alves F, Marques A (eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming X*. 315-317. *Jornal Português das Ciências do Desporto*. Porto.

23. Stewart A, Hopkins W. Consistency of swimming performance within and between competitions. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(5):997-1001.
24. Tolfrey, K. Responses to training. In: *Paediatric exercise science: Advances in sport and exercise science series*. Ed: Armstrong N. Churchill Livingstone, Edinburgh, 2007, 213-234.
25. Zamparo P. Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke. *Eur J Appl Physiol*, 2006, 97:52–58.